

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-090412

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

(21)Application number : 10-257228

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 10.09.1998

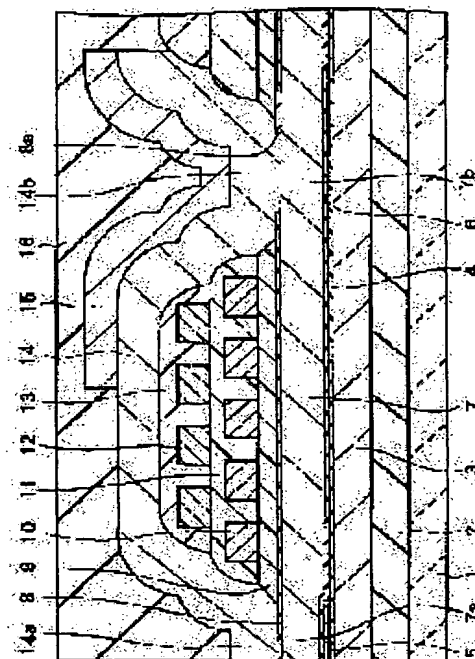
(72)Inventor : YAMAMOTO TAKAHIRO  
YAMANAKA NOBORU  
TAKANO KENICHI

## (54) THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the characteristics particularly when the frequency of recording information is high.

**SOLUTION:** An induction type magnetic conversion element is provided with a nonmagnetic conductive member 15 so as to face at least part of an upper magnetic pole layer 14. Eddy current is, therefore, induced in the nonmagnetic conductive member 15 by recording current and the magnetic field leaking from the upper magnetic pole layer 14 is suppressed by the eddy current. In addition, the nonmagnetic conductive member 15 is in contact with the upper magnetic pole layer 14. The eddy current generated in the upper magnetic pole layer 14, therefore, flows to the nonmagnetic conductive member 15 as well. As a result, the degradation in the intensity of the recording magnetic field by the eddy current, the increase in the delay of the recording magnetic field with respect to the recording current and the deterioration in the characteristics, such as the degradation in the time gradient of the rise of the recording magnetic field may be prevented.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3474455

[Date of registration] 19.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-90412

(P2000-90412A)

(43)公開日 平成12年3月31日(2000.3.31)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

A 5 D 0 3 3

C

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平10-257228

(22)出願日

平成10年9月10日(1998.9.10)

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 山本 隆洋

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 山中 昇

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美 (外2名)

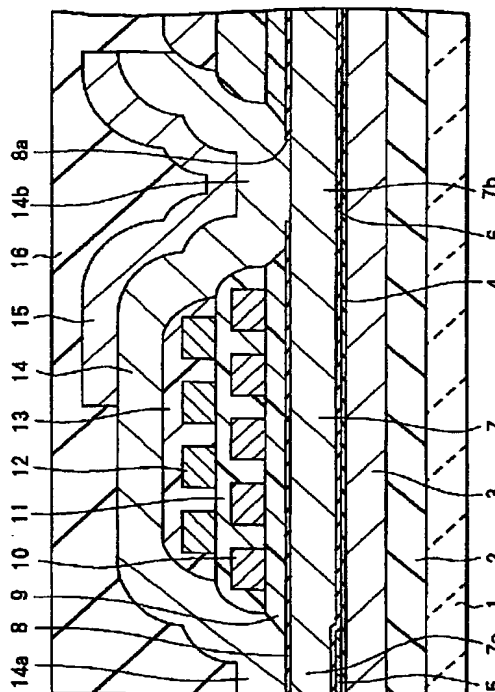
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 特に記録情報の周波数が高い場合における特性を向上させる。

【解決手段】 誘導型磁気変換素子の上部磁極層14の少なくとも一部に面するように、非磁性導電性部材15が設けられている。そのため、記録電流によって非磁性導電性部材15の内部に渦電流が誘起され、この渦電流によって上部磁極層14から漏れる磁界が抑制される。また、非磁性導電性部材15は上部磁極層14に接触している。そのため、上部磁極層14の内部で発生した渦電流が非磁性導電性部材15にも流れる。これらのことから、渦電流による記録磁界の強度の低下や、記録電流に対する記録磁界の遅延の増加や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化を防止することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 それぞれ少なくとも 1 つの層からなり、記録媒体に対向する一端側においてギャップ層を介して互いに対向する磁極部と、他端側において互いに磁気的に連結される連結部とを含む 2 つの磁性層と、この 2 つの磁性層の間に絶縁された状態で配設された薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子と、

前記 2 つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層の少なくとも一部に面するように配設された非磁性導電性部材とを備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記非磁性導電性部材は、少なくとも一方の磁性層における前記連結部の近傍の位置を含む部分に面するように配設されていることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記非磁性導電性部材は、前記磁性層における前記薄膜コイルとは反対側の面に面していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記非磁性導電性部材は、前記磁性層における前記薄膜コイル側の面に面していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記非磁性導電性部材は、少なくとも一方の磁性層に接触していることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 更に、前記非磁性導電性部材とこの非磁性導電性部材が面する磁性層との間に設けられた絶縁層を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記非磁性導電性部材の比抵抗は、この非磁性導電性部材が面する磁性層の比抵抗よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 それぞれ少なくとも 1 つの層からなり、記録媒体に対向する一端側においてギャップ層を介して互いに対向する磁極部と、他端側において互いに磁気的に連結される連結部とを含む 2 つの磁性層と、この 2 つの磁性層の間に絶縁された状態で配設された薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

誘導型磁気変換素子を形成する工程と、前記誘導型磁気変換素子の前記 2 つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層の少なくとも一部に面するように非磁性導電性部材を形成する工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 9】 前記非磁性導電性部材を形成する工程では、少なくとも一方の磁性層における前記連結部の近傍の位置を含む部分に面するように、非磁性導電性部材を形成することを特徴とする請求項 8 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 10】 前記非磁性導電性部材を形成する工程では、前記磁性層における前記薄膜コイルとは反対側の

面に面するように、前記非磁性導電性部材を形成することを特徴とする請求項 8 または 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】 前記非磁性導電性部材を形成する工程では、前記磁性層における前記薄膜コイル側の面に面するように、前記非磁性導電性部材を形成することを特徴とする請求項 8 または 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記非磁性導電性部材を形成する工程では、少なくとも一方の磁性層に接触するように、非磁性導電性部材を形成することを特徴とする請求項 8 または 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 更に、前記非磁性導電性部材とこの非磁性導電性部材が面する磁性層との間に配設される絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 8 または 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 前記非磁性導電性部材の比抵抗は、この非磁性導電性部材が面する磁性層の比抵抗よりも小さいことを特徴とする請求項 8 ないし 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータ等に使用されるハードディスク装置において、薄膜磁気ヘッドが広く利用されている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magnetoresistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】誘導型磁気変換素子は、記録媒体に対向する媒体対向面側においてギャップ層を介して互いに対向する磁極部を含み、反対側において互いに磁気的に連結された 2 つの磁性層と、この 2 つの磁性層の間に配設された薄膜コイルとを有している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年、コンピュータ等に使用されるハードディスク装置の記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドにおける記録再生情報の最大周波数が、例えば 100MHz 以上の周波数まで高くなってきている。特に、非常に高速なハードディスク装置では、記録再生情報の最大周波数が 200MHz 程度まで上昇してきている。記録情報の周波数が高くなると、誘導型磁気変換素子の磁性層における渦電流損失が大きくなる。それに伴い、ギャップ層を介して対向する磁極部より発生される記録磁界の強度の低下や、コイルに供給される記録電流に対する記録磁界の遅延の増加

や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化が問題となってきた。

【0005】上述の渦電流損失を抑制するため、従来は、磁性層によって構成される磁路の媒体対向面側の端部より他端部まで長さ（以下、磁路長と言う。）を短くすることや、磁性層に比抵抗（抵抗率）の大きい磁性材料を用いることが検討されていた。

【0006】しかしながら、磁路長を短くするためには、コイルの巻き数を少なくしたり、コイルを細密に巻くことが必要になるが、これらには、製造上あるいは特性上から限界がある。

【0007】また、渦電流損失を抑制するために、磁性層に比抵抗の大きい磁性材料を用いたり、記録磁界の強度を増加させるために、飽和磁束密度の大きい磁性材料を用いたりしても、記録情報の周波数が高くなると、記録磁界の強度や記録磁界の立ち上がりの時間勾配を十分大きくすることは困難である。

【0008】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、特に記録情報の周波数が高い場合において、特性を向上させることができるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、それぞれ少なくとも1つの層からなり、記録媒体に対向する一端側においてギャップ層を介して互に対向する磁極部と、他端側において互いに磁氣的に連結される連結部とを含む2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁された状態で配設された薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子と、2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層の少なくとも一部に面するように配設された非磁性導電性部材とを備えたものである。なお、本出願において、「磁性層の少なくとも一部に面する」とは、磁性層の少なくとも一部に対して、接触しながら対向する場合と、間に他の層を介して対向する場合とを含むものである。

【0010】この薄膜磁気ヘッドでは、記録電流によって非磁性導電性部材の内部に渦電流が誘起され、この渦電流によって、磁性層から漏れる磁界が抑制される。

【0011】また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、非磁性導電性部材は、例えば、少なくとも一方の磁性層における連結部の近傍の位置を含む部分に面するように配設されている。

【0012】また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、非磁性導電性部材は、磁性層における薄膜コイルとは反対側の面に面していてもよいし、磁性層における薄膜コイル側の面に面していてもよい。

【0013】また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、非磁性導電性部材は、少なくとも一方の磁性層に接触していてもよい。この場合には、磁性層の内部で発生した渦電流が非磁性導電性部材にも流れ、渦電流による悪影響が

低減される。

【0014】また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、更に、非磁性導電性部材とこの非磁性導電性部材が面する磁性層との間に設けられた絶縁層を備えていてもよい。

【0015】また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、非磁性導電性部材の比抵抗は、この非磁性導電性部材が面する磁性層の比抵抗よりも小さいことが好ましい。

【0016】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、それぞれ少なくとも1つの層からなり、記録媒体に対向する一端側においてギャップ層を介して互に対向する磁極部と、他端側において互いに磁氣的に連結される連結部とを含む2つの磁性層と、この2つの磁性層の間に絶縁された状態で配設された薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子を備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、誘導型磁気変換素子を形成する工程と、誘導型磁気変換素子の少なくとも一方の磁性層の少なくとも一部に面するように非磁性導電性部材を形成する工程とを含むものである。

【0017】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、非磁性導電性部材を形成する工程において、例えば、少なくとも一方の磁性層における連結部の近傍の位置を含む部分に面するように、非磁性導電性部材を形成する。

【0018】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、非磁性導電性部材を形成する工程において、磁性層における薄膜コイルとは反対側の面に面するように、非磁性導電性部材を形成してもよいし、磁性層における薄膜コイル側の面に面するように、非磁性導電性部材を形成してもよい。

【0019】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、非磁性導電性部材を形成する工程において、少なくとも一方の磁性層に接触するように、非磁性導電性部材を形成してもよい。

【0020】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、更に、非磁性導電性部材とこの非磁性導電性部材が面する磁性層との間に配設される絶縁層を形成してもよい。

【0021】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、非磁性導電性部材の比抵抗は、この非磁性導電性部材が面する磁性層の比抵抗よりも小さいことが好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。以下の各実施の形態は、本発明を複合型薄膜磁気ヘッドに適用した例である。

【0023】〔本発明の第1の実施の形態〕図1は、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、基板1と、この基板1の一方の面に設けられた絶縁

層2と、この絶縁層2の基板1とは反対側(図における上側)の面に設けられ、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層3とを備えている。

【0024】薄膜磁気ヘッドは、更に、下部シールド層3の絶縁層2とは反対側(図における上側)の面に設けられた、絶縁層である下部シールドギャップ膜4と、記録媒体に対向する一端側(図における左側)において、下部シールドギャップ膜4の下部シールド層3とは反対側(図における上側)の面に設けられた再生用のMR素子5と、このMR素子5の下部シールドギャップ膜4とは反対側(図における上側)の面および下部シールドギャップ膜4の下部シールド層3とは反対側(図における上側)の面に設けられた、絶縁層である上部シールドギャップ膜6とを備えている。なお、図示しないが、MR素子5には、下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜6との間に配設された一対の電極層が接続されている。なお、MR素子5は、GMR(巨大磁気抵抗)素子でもよいし、AMR(異方性磁気抵抗)素子でもよい。

【0025】薄膜磁気ヘッドは、更に、上部シールドギャップ膜6の下部シールドギャップ膜4とは反対側(図における上側)の面に設けられ、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる磁性材料よりなる上部シールド層兼下部磁極層(以下、下部磁極層と記す。)7と、この下部磁極層7の上部シールドギャップ膜6とは反対側(図における上側)の面に設けられた絶縁膜よりなる記録ギャップ層8と、この記録ギャップ層8の下部磁極層7とは反対側(図における上側)の面の一部に設けられ、スロートハイトを決定するフォトレジスト層9と、このフォトレジスト層9の記録ギャップ層8とは反対側(図における上側)に面に設けられた誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル10と、このコイル10を覆うフォトレジスト層11と、このフォトレジスト層11のフォトレジスト層9とは反対側(図における上側)の面に設けられた記録ヘッド用の第2層目の薄膜コイル12と、このコイル12を覆うフォトレジスト層13とを備えている。薄膜磁気ヘッドは、更に、記録ギャップ層8、フォトレジスト層9、コイル10、フォトレジスト層11、コイル12およびフォトレジスト層13を間に挟んで、下部磁極層7と対向するように配設された磁性材料よりなる上部磁極層14を備えている。

【0026】下部磁極層7、記録ギャップ層8、フォトレジスト層9、11、13、コイル10、12および上部磁極層14は、本発明における誘導型磁気交換素子に対応する。このうち、下部磁極層7および上部磁極層14が、本発明における2つの磁性層に対応する。

【0027】下部磁極層7や、上部磁極層14は、NiFe(Ni:80重量%, Fe:20重量%)を用いて形成してもよいし、NiFe(Ni:50重量%, Fe:50重量%)、センダスト、チ化鉄(FeN)や

その化合物、Fe-Co-Zrのアモルファス等の高飽和磁束密度材を用いて形成してもよいし、これらの材料を2種類以上重ねて形成してもよい。

【0028】なお、記録ギャップ層8には、コイル10、12の中心の近傍の位置において、磁路形成のためのコンタクトホール8aが形成されている。下部磁極層7と上部磁極層14は、このコンタクトホール8aを介して互いに接触し、磁氣的に連結している。

【0029】ここで、記録媒体に対向する一端側において、記録ギャップ層8を介して互いに対向する下部磁極層7と上部磁極層14の一部をそれぞれ磁極部7a、14aと呼び、コンタクトホール8aを介して互いに接触する下部磁極層7と上部磁極層14の一部をそれぞれ連結部7b、14bと呼ぶ。

【0030】薄膜磁気ヘッドは、更に、上部磁極層14の少なくとも一部に面するように配設された非磁性導電性部材15と、上部磁極層14および非磁性導電性部材15を覆うように形成されたオーバーコート層16とを備えている。

【0031】図2は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。なお、この図では、オーバーコート層16を省略している。

【0032】本実施の形態では、特に、非磁性導電性部材15は、上部磁極層14におけるコイル10、12とは反対側の面に面するように設けられている。また、非磁性導電性部材15は、上部磁極層14における連結部14bの近傍の位置を含む部分に面するように設けられている。本実施の形態では、特に、非磁性導電性部材15の媒体対向面側(図における下側)の端部は、磁極部14aと連結部14bとの中間位置の近傍まで延びている。また、非磁性導電性部材15は、上部磁極層14に接触している。

【0033】非磁性導電性部材15は、非磁性で且つ導電性の材料によって形成されている。非磁性で且つ導電性の材料としては、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、金(Au)、あるいはこれらを含む合金等がある。非磁性導電性部材15の比抵抗(抵抗率)は、この非磁性導電性部材15が面する上部磁極層14よりも小さいことが好ましい。数値的には、非磁性導電性部材15の比抵抗は、 $0.2 \sim 20.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ が好ましい。非磁性導電性部材15の厚みは、 $2.0 \sim 4.0 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0034】次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。この製造方法では、まず、例えばアルティック(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiC)よりなる基板1の上に、例えばアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)よりなる絶縁層2を、約5 $\mu\text{m}$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料よりなる下部シールド層3を、2 $\sim$ 3 $\mu\text{m}$ の厚みに形成する。

【0035】次に、下部シールド層3の上に、例えばア

ルミナまたはチ化アルミニウムを50~150nmの厚みにスパッタ堆積し、下部シールドギャップ膜4を形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5を形成するためのMR膜を、数十nmの厚みに形成する。次に、このMR膜の上に、MR素子5を形成すべき位置に選択的にフォトレジストパターンを形成する。次に、フォトレジストパターンをマスクとして、例えばイオンミリングによってMR膜をエッチングして、MR素子5を形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層(図示せず)を、所定のパターンに形成する。

【0036】次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、上部シールドギャップ膜6を、50~150nmの厚みに形成し、MR素子5をシールドギャップ膜4、6内に埋設する。次に、上部シールドギャップ膜6の上に、下部磁極層7を、約3μmの厚みに形成する。

【0037】次に、下部磁極層7の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層8を、0.2~0.3μmの厚みに形成する。次に、この記録ギャップ層8の上に、スロートハイトを決定するフォトレジスト層9を、約1.0~2.0μmの厚みで、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層9の上に、第1層目の薄膜コイル10を、例えば3μmの厚みに形成する。次に、フォトレジスト層9およびコイル10の上に、フォトレジスト層11を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層11の上に、第2層目の薄膜コイル12を、例えば3μmの厚みに形成する。次に、フォトレジスト層11およびコイル12の上に、フォトレジスト層13を、所定のパターンに形成する。

【0038】次に、コイル10、12の中心の近傍の位置において、記録ギャップ層8を部分的にエッチングして、磁路形成のためのコンタクトホール8aを形成する。次に、記録ギャップ層8、フォトレジスト層9、11、13の上に、磁性材料よりなる上部磁極層14を、約3μmの厚みに形成する。この上部磁極層14は、コンタクトホール8aを介して、下部磁極層7と接触し、磁氣的に連結している。

【0039】次に、上部磁極層14をマスクとして、例えばイオンミリングによって、記録ギャップ層8と下部磁極層7の一部をエッチングして、トリム(Trim)構造とする。次に、上部磁極層14の上に、例えばめっき法によって、非磁性且つ導電性の材料からなる非磁性導電性部材15を、所定のパターンに形成する。次に、上部磁極層14および非磁性導電性部材15の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層16を、20~30μmの厚みに形成する。最後に、スライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面(媒体対向面)を形成して、図1に示したような薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0040】次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの作用および効果について説明する。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、コイル10、12に記録電流を流すと磁界が発生し、磁束が下部磁極層7および上部磁極層14を通過する。ここで、記録電流の極性が反転すると、それを妨げるように、下部磁極層7および上部磁極層14の内部に渦電流が発生する。この渦電流の発生は、記録磁界の強度の低下や、記録電流に対する記録磁界の遅延の増加や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化をまねく。

【0041】本実施の形態では、上部磁極層14の少なくとも一部に面するように非磁性導電性部材15を設けたので、記録電流によって非磁性導電性部材15の内部に渦電流が誘起され、この渦電流によって上部磁極層14から漏れる磁界が抑制される。その結果、記録磁界の強度の低下や、記録電流に対する記録磁界の遅延の増加や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化を防止することができ、特に記録情報の周波数が高い場合における薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができる。

【0042】また、本実施の形態では、非磁性導電性部材15が上部磁極層14に接触しているので、上部磁極層14の内部で発生した渦電流が非磁性導電性部材15にも流れる。その結果、渦電流による記録磁界の強度の低下や、記録電流に対する記録磁界の遅延の増加や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化を防止することができ、特に記録情報の周波数が高い場合における薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができる。

【0043】また、本実施の形態において、非磁性導電性部材15の比抵抗を、この非磁性導電性部材15が面する上部磁極層14の比抵抗よりも小さくした場合には、非磁性導電性部材15に渦電流が流れやすくなり、より効果的に、薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができる。

【0044】ところで、文献「薄膜磁気ヘッドの三次元動磁場解析、大津孝佳、他：日本応用磁気学会誌Vol. 20, No. 2, 113~116ページ、1996年」に記載されているように、薄膜磁気ヘッドでは、連結部7b、14bの近傍における渦電流が比較的大きい。本実施の形態では、非磁性導電性部材15が、上部磁極層14における連結部14bの近傍の位置を含む部分に面するように配設されているので、非磁性導電性部材15に誘起される渦電流によって上部磁極層14から漏れる磁界を抑制する作用、および上部磁極層14の内部で発生した渦電流を非磁性導電性部材15に流す作用が、より顕著に発揮され、薄膜磁気ヘッドの特性を効率よく向上させることができる。

【0045】図3は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの効果を調べるために、記録電流に対する記録磁界の

時間応答特性をシミュレーションによって求めた結果の一例を示すものである。この図において、符号 21 は、記録電流に対応する起磁力の変化を表し、符号 22 は、非磁性導電性部材 15 を設けない場合の記録磁界の変化を表し、符号 23 は、非磁性導電性部材 15 を設けた場合の記録磁界の変化を表している。

【0046】なお、シミュレーションに用いた薄膜磁気ヘッドのパラメータは、以下の通りである。

- ・磁路長…40  $\mu\text{m}$
- ・スロートハイト…1.0  $\mu\text{m}$
- ・トラック幅…1.5  $\mu\text{m}$
- ・記録ギャップ層の厚み…0.3  $\mu\text{m}$
- ・上部磁極層の磁極部の厚み…3.0  $\mu\text{m}$
- ・下部磁極層の磁極部の厚み…3.0  $\mu\text{m}$
- ・上部磁極層の飽和磁束密度…1.0 T
- ・下部磁極層の飽和磁束密度…1.0 T
- ・非磁性導電性部材の厚み…3.0  $\mu\text{m}$
- ・非磁性導電性部材の比抵抗…2.6  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$

【0047】図 3 から、非磁性導電性部材 15 を設けることによって、非磁性導電性部材 15 を設けない場合に比べて、記録磁界の強度が増加し、記録電流に対する記録磁界の遅延が減少し、記録磁界の立ち上がりの時間勾配が増加することが分かる。

【0048】このように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドによれば、記録磁界の強度の低下や、記録電流に対する記録磁界の遅延の増加や、記録磁界の立ち上がりの時間勾配の低下等の特性の劣化を防止することができ、特に記録情報の周波数が高い場合における特性を向上させることができる。その結果、本実施の形態によれば、オーバーライト特性、すなわち、記録媒体上に既に書き込んである上から更にデータを重ね書きする場合の特性や、非線形トランジションシフト (Non-linear Transition Shift : 以下、NLTS と記す。) を向上させることが可能となる。

【0049】[本発明の第 2 の実施の形態] 次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。図 4 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに対して、更に、非磁性導電性部材 15 とこの非磁性導電性部材 15 が面する上部磁極層 14 との間に、絶縁層 31 を設けたものである。本実施の形態におけるその他の構成は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0050】絶縁層 31 を構成する材料としては、アルミナやチタ化アルミニウム等を用いることができる。絶縁層 31 の厚みは、1.0  $\mu\text{m}$  以下が好ましい。ここでは、一例として、絶縁層 31 の厚みを、0.5  $\mu\text{m}$  としている。また、絶縁層 31 は、例えばスパッタリングによって、上部磁極層 14 の上に形成することができる。

【0051】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの作用

および効果は、第 1 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドにおいて上部磁極層 14 の内部で発生した渦電流が非磁性導電性部材 15 に流れることによる作用および効果を除き、第 1 の実施の形態と同様である。

【0052】[本発明の第 3 の実施の形態] 次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。図 5 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、非磁性導電性部材 15 の媒体対向面側を、磁極部 14 a の近傍の位置まで延ばしたものである。

【0053】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドによれば、第 1 の実施の形態に比べて、非磁性導電性部材 15 と上部磁極層 14 とが対向および接触する面積が大きくなるので、効果が増大する。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0054】[本発明の第 4 の実施の形態] 次に、本発明の第 4 の実施の形態について説明する。図 6 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、上部磁極層 14 におけるコイル 10、12 とは反対側の面に面する非磁性導電性部材 15 を設けずに、代わりに、上部磁極層 14 におけるコイル 10、12 側の面に面する非磁性導電性部材 41 を設けたものである。非磁性導電性部材 41 は、磁極部 14 a の近傍の位置から連結部 14 b の近傍の位置にかけて設けられている。

【0055】非磁性導電性部材 41 の材料や比抵抗は、第 1 の実施の形態における非磁性導電性部材 15 と同様である。非磁性導電性部材 41 の厚みは、0.5 ~ 10.0  $\mu\text{m}$  が好ましい。また、非磁性導電性部材 41 は、例えばスパッタリングによって、記録ギャップ層 8、フォトレジスト層 9、11、13 の上に形成することができる。

【0056】また、上部磁極層 14 をめっき法で形成する場合には、シード層を非磁性且つ導電性の材料で形成するようにし、このシード層によって非磁性導電性部材 41 を形成するようにしてもよい。この場合、例えば磁極部 14 a の近傍の位置から連結部 14 b の近傍の位置までのような所望の領域において、他の領域に比べてシード層を厚く形成して、非磁性導電性部材 41 とする部分におけるシード層の厚みを、上述のような非磁性導電性部材 41 として好ましい厚みにするようにしてもよい。

【0057】本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

【0058】[第 1 ないし第 4 の実施の形態の効果の比較] 最後に、第 1 ないし第 4 の実施の形態の効果について比較するために行った測定の結果を示す。ここでは、非磁性導電性部材を設けない場合と第 1 ないし第 4 の各実施の形態の場合について、オーバーライト特性と NL

TSを複数回測定し、その平均値を求めた。図7および図8に、その結果を示す。なお、ここで示すオーバーライト特性は、33MHz、50kFCI (Flux Change per Inch) の密度で情報が記録された領域の上に、200MHz、300kFCIでオーバーライト（重ね書き）した場合における33MHzの残存成分をデシベル（dB）で表したものである。また、ここで示すNLT Sは、最大200MHz、300kFCIの条件で、5次高調波を用いる5次高調波法で測定したNLT Sを百分率（%）で表したものである。また、測定に使用した

- ・磁路長…40  $\mu\text{m}$
- ・スロートハイト…1.0  $\mu\text{m}$
- ・トラック幅…1.5  $\mu\text{m}$
- ・記録ギャップ層の厚み…0.3  $\mu\text{m}$
- ・上部磁極層の磁極部の厚み…3.0  $\mu\text{m}$
- ・下部磁極層の磁極部の厚み…3.0  $\mu\text{m}$
- ・上部磁極層の飽和磁束密度…1.0 T
- ・下部磁極層の飽和磁束密度…1.0 T
- ・非磁性導電性部材の厚み（第1ないし第3の実施の形態）…2.0  $\mu\text{m}$
- ・非磁性導電性部材の厚み（第4の実施の形態）…2.0  $\mu\text{m}$
- ・非磁性導電性部材の比抵抗…2.6  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$
- ・非磁性導電性部材と上部磁極層との間の絶縁層の厚み（第2の実施の形態）…0.3  $\mu\text{m}$

【0059】以下、図7および図8に示したオーバーライト特性およびNLT Sの具体的な数値を示す。

【0060】非磁性導電性部材を設けない場合には、オーバーライト特性は28.9 dB、NLT Sは25.4 %であった。

【0061】第1の実施の形態の場合には、オーバーライト特性は32.8 dB、NLT Sは14.1 %であった。

【0062】第2の実施の形態の場合には、オーバーライト特性は31.2 dB、NLT Sは16.7 %であった。

【0063】第3の実施の形態の場合には、オーバーライト特性は34.3 dB、NLT Sは9.5 %であった。

【0064】第4の実施の形態の場合には、オーバーライト特性は32.0 dB、NLT Sは15.5 %であった。

【0065】このように、第1ないし第4のいずれの実施の形態の場合も、非磁性導電性部材を設けない場合に比べて、オーバーライト特性およびNLT Sが向上していることが分かる。特に、非磁性導電性部材15が上部磁極層14の連結部14bの近傍の位置を含む部分に面し、非磁性導電性部材15が上部磁極層14に接触し、非磁性導電性部材15と上部磁極層14とが対向および

接触する面積の大きい第3の実施の形態の場合が、最も効果が顕著である。また、オーバーライト特性は、30 dB以上、NLT Sは20 %以下が要求される。非磁性導電性部材を設けない場合には、オーバーライト特性とNLT Sのいずれに対しても要求を満足しない。これに対し、第1ないし第4の実施の形態の場合は、オーバーライト特性とNLT Sのいずれに対しても要求を満足する。

【0066】なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、第3の実施の形態における非磁性導電性部材15と上部磁極層14との間や、第4の実施の形態における非磁性導電性部材41と上部磁極層14との間に絶縁層を設けてもよい。また、非磁性導電性部材を、下部磁極層7の少なくとも一部に面するように設けてもよいし、上部磁極層14と下部磁極層7の双方の少なくとも一部に面するように設けてもよい。また、非磁性導電性部材を、上部磁極層14や下部磁極層7の側部に面するように設けてもよい。

【0067】また、上記各実施の形態では、基体側に読み取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型磁気変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0068】つまり、基体側に書き込み用の誘導型磁気変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁極層の機能を有する磁性膜を下部磁極層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁極層の機能を有する磁性膜を上部磁極層として形成することにより実現できる。この場合、誘導型磁気変換素子の上部磁極層とMR素子の下部シールド層を兼用させることが好ましい。

【0069】なお、このような構造の薄膜磁気ヘッドでは、凹部を形成した基体を用いることが好ましい。そして、基体の凹部に、コイル部を形成することによって、薄膜磁気ヘッド自体の大きさをさらに縮小化することができる。

【0070】更に、異なる形態としては、誘導型磁気変換素子のコイル部を構成する各薄膜コイル間に形成される絶縁層を、全て無機絶縁層としてもよい。

【0071】また、本発明は、誘導型磁気変換素子のみを備え、この誘導型磁気変換素子によって読み取りと書き込みを行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項8ないし14のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、誘導型磁気変換素子における2つの磁性層のうちの少なくとも一方の磁性層の少なくとも一部に面するよ



うに、非磁性導電性部材を設けたので、記録電流によって非磁性導電性部材の内部に渦電流が誘起され、この渦電流によって、磁性層から漏れる磁界を抑制することができ、特に記録情報の周波数が高い場合において、薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができるという効果を奏する。

【0073】また、請求項2記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項9記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、非磁性導電性部材を、少なくとも一方の磁性層における連結部の近傍の位置を含む部分に面するように設けたので、更に、薄膜磁気ヘッドの特性を効率よく向上させることができるという効果を奏する。

【0074】また、請求項5記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項12記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、非磁性導電性部材が、少なくとも一方の磁性層に接触するようにしたので、更に、磁性層の内部で発生した渦電流が非磁性導電性部材にも流れ、渦電流による悪影響を低減でき、より、薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができるという効果を奏する。

【0075】また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドまたは請求項14記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、非磁性導電性部材の比抵抗を、この非磁性導電性部材が面する磁性層の比抵抗よりも小さくしたので、更に、非磁性導電性部材に渦電流が流れやすくなり、より効果的に薄膜磁気ヘッドの特性を向上させることができるという効果を奏する。

\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態にかかる薄膜磁気ヘッドの効果を示すためのシミュレーションの結果の一例を示す特性図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

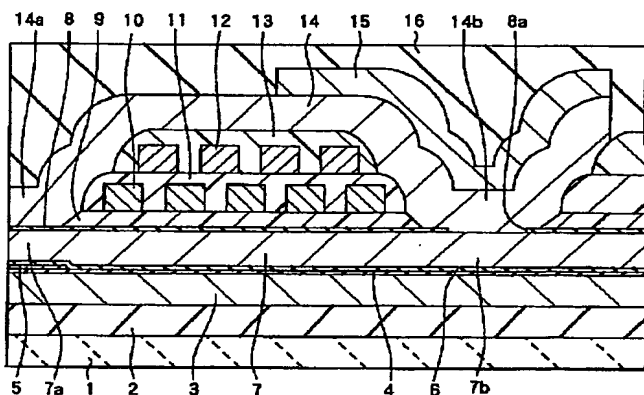
【図7】非磁性導電性部材を設けない場合と第1ないし第4の各実施の形態の場合についてオーバーライト特性を測定した結果を示す特性図である。

【図8】非磁性導電性部材を設けない場合と第1ないし第4の各実施の形態の場合についてNLTSを測定した結果を示す特性図である。

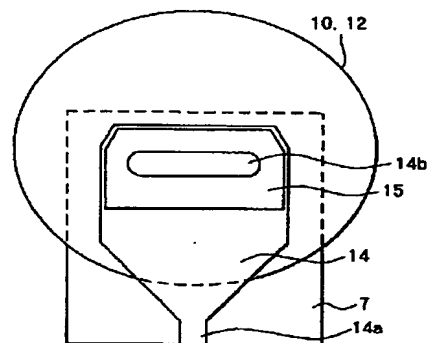
【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、5…MR素子、7…下部磁極層、8…記録ギャップ層、9、11、13…フォトレジスト層、10、12…薄膜コイル、14…上部磁極層、15…非磁性導電性部材、16…オーバーコート層。

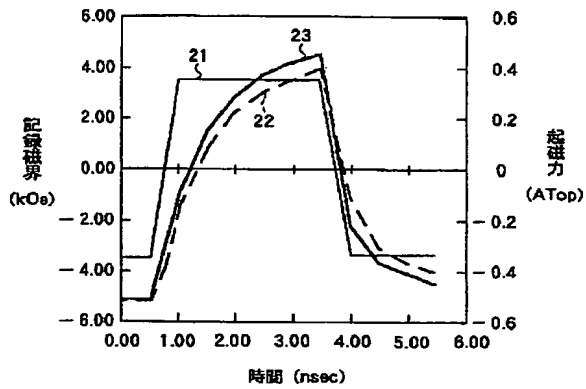
【図1】



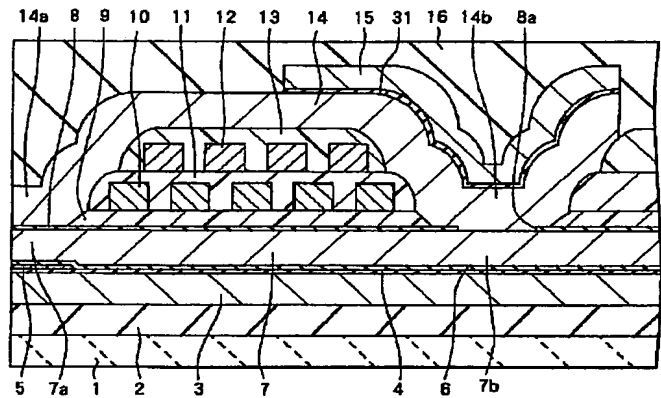
【図2】



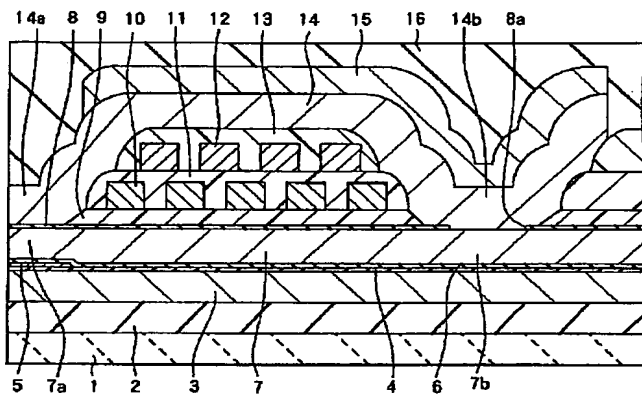
【図3】



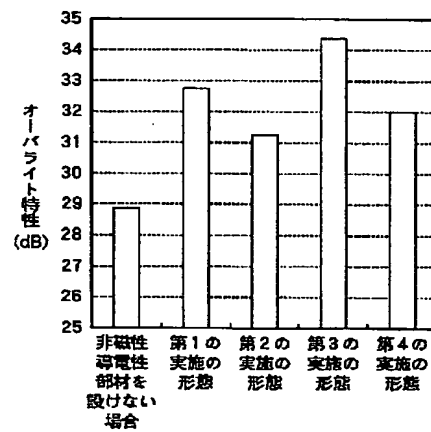
【図4】



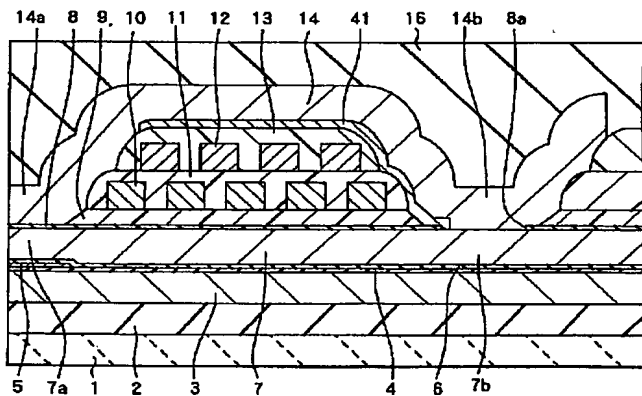
【図5】



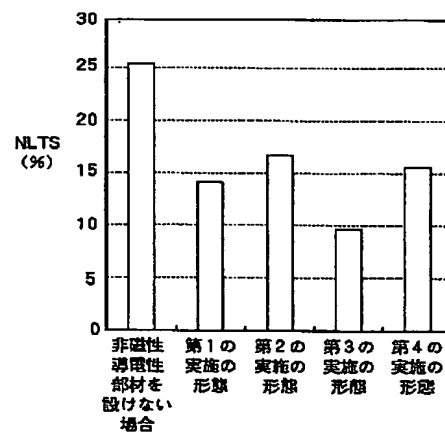
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 高野 研一

F ターム(参考) 5D033 BA08 BB43 DA04

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティ

ーディーケイ株式会社内